

Aufgabe 13

Während eines Puppentheaters wird ein Kind aufgefordert, nach dem Kasperl zu rufen. Da der

Kasperl das aber offensichtlich nicht hört, rufen anschließend alle 50 im Saal anwesenden Kinder

gleichzeitig nach dem Kasperl. Schallintensität eines rufenden Kindes: $4 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2$.

- Wie groß ist die Lautstärke, wenn ein Kind ruft und
- wie groß ist sie, wenn alle 50 Kinder gleichzeitig rufen?
- Um wie viel Prozent erhöht sie sich?

$$\text{Lautstärke: } A = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0} \text{ [dB]}$$

$$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2 \dots\dots \text{Hörschwelle}$$

$$I = 4 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \dots\dots 1 \text{ Kind}$$

$$I = 2 \cdot 10^{-6} \text{ W/m}^2 \dots\dots 50 \text{ Kinder}$$

$$\underline{1 \text{ Kind}}: A = 10 \cdot \log \frac{4 \cdot 10^{-8}}{10^{-12}} = \underline{46 \text{ dB}}$$

$$\underline{50 \text{ Kinder}}: A = 10 \cdot \log \frac{2 \cdot 10^{-6}}{10^{-12}} = \underline{63 \text{ dB}}$$

$$\frac{46}{63} \times 100 \% \Rightarrow x \% = \frac{63 \cdot 100}{46} = 137 \%$$

Die Lautstärke erhöht sich um 37 %, wenn alle Kinder rufen.

Aufgabe 14:

Feuer auf dem Betriebsgelände! Die Alarmsirene gibt einen Dauerton von 2000 Hz ab. Ein

Angestellter nimmt sich ein herumstehendes Fahrrad und rast davon. Der Tacho zeigt 45 km/h! Der

Fluchtweg führt ihn direkt an der Alarmsirene vorbei. Trotz der Aufregung bemerkt er die Änderung

der Tonhöhe beim Passieren der Sirene.

- Berechnen Sie die Tonhöhenänderung in Hz und in % des tatsächlichen Sirenentones.

Doppler-Effekt für bewegte Beobachter:

$$\frac{c}{f_0} = \lambda = \underbrace{\frac{c+v}{f}}_{\text{hin}} \text{ bzw. } \underbrace{\frac{c-v}{f}}_{\text{weg}} \Rightarrow$$

$$f_{\text{hin}} = f_0 \cdot \left(1 + \frac{v}{c}\right) \quad \wedge \quad f_{\text{weg}} = f_0 \cdot \left(1 - \frac{v}{c}\right)$$

$$f_{\text{hin}} = 2000 \cdot \left(1 + \frac{45}{3,6 \cdot 340}\right) = 2073,5 \text{ Hz}$$

$$f_{\text{weg}} = 2000 \cdot \left(1 - \frac{45}{3,6 \cdot 340}\right) = 1926,5 \text{ Hz}$$

$$\Delta f = 147 \text{ Hz}$$

$$\frac{2073,5}{1926,5} \times 100 \% \Rightarrow x \% \quad x = \frac{1926,5 \cdot 100}{2073,5} = 92,9 \%$$

Die Frequenz der Tonhöhe hat sich um 147 Hz bzw. um 7,1 % verringert.

Aufgabe 16:

Sie stehen direkt hinter der Schutzmauer an einer Formel 1 Rennstrecke. Die Rennwagen erreichen

hier eine Geschwindigkeit von 300 km/h. Die Motoren geben dabei einen Ton von 7 kHz ab.

- Berechnen Sie die Tonhöhenänderung in Hz und in % des Motorentones, wenn ein Rennwagen an Ihnen vorbeifährt.

Für die Rechnung wird der Doppler-Effekt für bewegte Schallquelle verwendet.

$$\frac{c}{f} = \lambda = \underbrace{\frac{c-v_0}{f_0}}_{\text{hin}} \text{ bzw. } \underbrace{\frac{c+v_0}{f_0}}_{\text{weg}} \Rightarrow$$

$$f_{\text{hin}} = \frac{f_0}{1 - \frac{v}{c}} \quad \wedge \quad f_{\text{weg}} = \frac{f_0}{1 + \frac{v}{c}}$$

$$f_{\text{hin}} = \frac{7000}{1 - \frac{300}{3,6 \cdot 340}} = 9273 \text{ Hz}$$

$$f_{\text{weg}} = \frac{7000}{1 + \frac{300}{3,6 \cdot 340}} = 5622 \text{ Hz}$$

$$\underline{\Delta f = 3651 \text{ Hz}}$$

$$\frac{7000}{3651} \times \frac{100 \%}{x \%} \Rightarrow x = \frac{3651 \cdot 100}{7000} = 52,2 \%$$

Die Tonhöhenänderung beträgt 3651 Hz, was 52,2% des Motortones entspricht.

Aber rein gefühlt muß die Sache für einen bewegten Beobachter betrachtet werden, denn beim beobachten eines Formel 1 Rennens bewegt sich zumindest der Kopf sonst sieht man nichts.